



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ **Offenlegungsschrift**
⑯ **DE 199 56 078 A 1**

⑯ Int. Cl.⁷:
H 01 L 21/8242

DE 199 56 078 A 1

⑯ Aktenzeichen: 199 56 078.1
⑯ Anmeldetag: 22. 11. 1999
⑯ Offenlegungstag: 31. 5. 2001

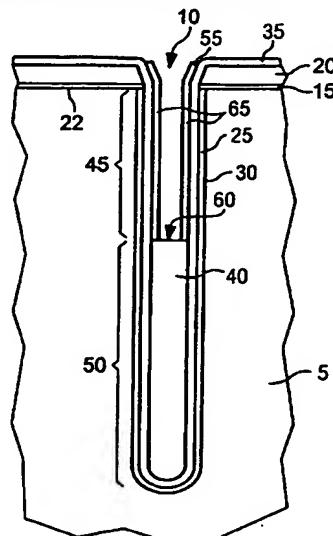
⑯ Anmelder:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE
⑯ Vertreter:
Epping, Hermann & Fischer, 80339 München

⑯ Erfinder:
Schreml, Martin, 01465 Langebrück, DE;
Krasemann, Anke, 01139 Dresden, DE; Köhler,
Daniel, 01309 Dresden, DE; Haupt, Moritz, 01458
Ottendorf-Okrilla, DE; Hennecke, Sabine, 01099
Dresden, DE
⑯ Entgegenhaltungen:
US 59 45 704
EP 9 49 684 A2
EP 9 49 680 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ **Verfahren zur Herstellung eines Isolationskragens in einem Grabenkondensator**

⑯ Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines Grabenkondensators vorgeschlagen, bei dem nach Bildung des Grabens zunächst eine isolierende Schicht (35), aus der später der Isolationskragen (75) gebildet werden soll, abgeschieden wird. Danach wird der Graben (10) mit einem Opferfüllmaterial (40) teilweise gefüllt und darauf eine dünne Strukturierungsschicht (55) abgeschieden. Aus dieser werden Spacer gebildet, die die isolierende Schicht (35) im oberen Bereich (45) des Grabens (10) bedecken. Anschließend werden das Opferfüllmaterial (40) und die isolierende Schicht (35) im unteren Bereich (50) des Grabens (10) vollständig entfernt. Dadurch entsteht im oberen Bereich (45) des Grabens (10) der Isolationskragen (75).



DE 199 56 078 A 1

DE 199 56 078 A 1

Beschreibung

Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der Herstellung von Halbleiterspeichern und betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Isolationskragens in einem Grabenkondensator.

5 Flüchtige Halbleiterspeicher (RAM) weisen i. d. R. in jeder einzelnen Speicherzelle einen Speicherkondensator und einen Auswahltransistor auf. Der Speicherkondensator kann entweder als sogenannter Stacked Kondensator oberhalb des Siliziumsubstrats ausgebildet sein oder in Form einer, sich in das Halbleitersubstrat erstreckenden Vertiefung vorliegen. Diese Vertiefung weist in der Regel ein Aspektverhältnis von größer 20 : 1 auf und wird in Fachkreisen üblicherweise als Graben(Trench) bezeichnet.

10 Eine derartige Speicherzelle kann beispielsweise der US 5,909,044 entnommen werden. Bei dieser ist die leitfähige Füllung des Grabens, welche die innere Elektrode des Kondensators bildet, gegenüber den aktiven Bereichen des zugeordneten Auswahltransistors mittels eines Isolationskragens im oberen Bereich des Grabens isoliert. Dieser Kragen wird gemäß der US 5,909,044 durch thermische Oxidation des Halbleitersubstrats im oberen Bereich des Grabens nach einem teilweisen Auffüllen des Grabens mit Polysilizium gebildet. Dabei wird wertvolle Halbleitersubstratfläche verbraucht.

15 Um diesen Verbrauch zu minimieren, ist es bei dem genannten Verfahren erforderlich, die Gräben entsprechend schmäler auszubilden. Dadurch erhöht sich jedoch das Aspektverhältnis der Gräben, die dadurch schwieriger zu ätzen sind. Darüber hinaus kann sich bei der Oxidation beim Übergang vom Isolationskragen zum angrenzenden Dielektrikum ein unerwünschter sogenannter Vogelschnabel ausbilden.

Die gleichen Probleme treten auch bei dem Verfahren gemäß der US 5,937,292 auf, da auch hier der Isolationskragen durch thermische Oxidation gebildet wird.

Gemäß einem weiteren Verfahren, das in der EP 0 949 680 A2 beschrieben ist, wird der Isolationskragen durch ein konformes Abscheiden einer isolierenden Schicht mit anschließendem anisotropen Ätzen im oberen Bereich des Kragens gebildet. Die isolierende Schicht wird dabei auf den teilweise mit einem Opferfüllmaterial aufgefüllten Graben abgeschieden. Da das Opferfüllmaterial nach Abscheidung der isolierenden Schicht aus dem Graben wieder entfernt werden muss, ist die Bildung einer Öffnung in der isolierenden Schicht zum Opferfüllmaterial hin notwendig. Diese Öffnung wird durch die erwähnte anisotrope Ätzung gebildet. Da die isolierende Schicht eine gewisse Dicke aufweisen muss, um als Isolationsschicht dienen zu können, wird durch die isolierende Schicht der Querschnitt des Graben stark eingeengt. Außerdem weist die isolierende Schicht auf dem Opferfüllmaterial häufig eine größere Dicke als auf den Seitenwänden des Grabens auf, so dass die zu bildende Öffnung nur mit einer starken Überätzung der isolierenden Schicht gebildet werden kann. Dabei kann es jedoch vorkommen, dass die isolierende Schicht durch die anisotrope Ätzung von der Oberkante des Halbleitermaterials zurückgeätzt wird und somit dort nicht mehr als Isolationsschicht vorliegt. Das dort beschriebene Verfahren eignet sich daher nicht für die Herstellung von Grabenkondensatoren mit kleinem Querschnitt.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Grabenkondensators zu benennen, das auch bei kleinem Querschnitt des Grabenkondensators die Bildung eines zuverlässigen Isolationskragens gewährleistet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Herstellung eines Grabenkondensators bereitgestellt, das die folgenden Schritte umfasst:

40 a) Bereitstellen eines Halbleitersubstrats;

b) Bilden eines Grabens in dem Halbleitersubstrat;

c) Ausbilden einer isolierenden Schicht im Graben zur Bildung eines Isolationskragens;

d) nachfolgendes Auffüllen eines unteren, sich bis zu einer vorgegebenen Höhe erstreckenden Bereichs des Grabens mit einem Opferfüllmaterial, so dass ein sich oberhalb der vorgegebenen Höhe erstreckender oberer Bereich des Grabens von dem Opferfüllmaterial unbedeckt bleibt;

45 e) Ausbilden einer Strukturierungsschicht auf der isolierende Schicht und auf dem Opferfüllmaterial im Graben;

f) Bilden einer Öffnung in der Strukturierungsschicht zum Opferfüllmaterial hin, wobei die Strukturierungsschicht auf der isolierenden Schicht im oberen Bereich des Grabens verbleibt;

g) nachfolgendes Entfernen des Opferfüllmaterials aus dem Graben; und

50 h) Entfernen der isolierenden Schicht aus dem unteren Bereich des Grabens durch eine Ätzung der isolierenden Schicht selektiv zur Strukturierungsschicht, so dass im oberen Bereich des Grabens der Isolationskragen entsteht.

Kern der Erfindung ist die Abscheidung der isolierenden Schicht, aus der der Isolationskragen gebildet wird, vor dem teilweisen Befüllen des Grabens mit einem Opferfüllmaterial. Dadurch wird zunächst eine in etwa gleichmäßige dicke isolierende Schicht auf den Seitenwänden des Grabens gebildet. Daran schließt sich das teilweise Auffüllen des Grabens mit einem Opferfüllmaterial bis zu einer vorgegebenen Höhe an. Diese Höhe definiert in etwa den Grenzbereich zwischen einem oberen und einem unteren Bereich des Grabens. Nach dem Auffüllen mit dem Opferfüllmaterial wird eine üblicherweise dünne Strukturierungsschicht im oberen Bereich des Grabens abgeschieden und in dieser eine Öffnung zum Opferfüllmaterial hin gebildet. Dabei bleibt jedoch die isolierende Schicht weiterhin von der Strukturierungsschicht bedeckt. Die Strukturierungsschicht ist vorzugsweise deutlich dünner als die isolierende Schicht ausgebildet, so dass ihre Dicke auf dem Opferfüllmaterial ebenfalls deutlich geringer ist. Dadurch lässt sich diese Strukturierungsschicht vom Opferfüllmaterial auch relativ leicht entfernen. Ein starkes Überätzen ist hier nicht notwendig. Nachdem die Öffnung in der Strukturierungsschicht gebildet wurde, wird das Opferfüllmaterial aus dem Graben entfernt. Dies kann beispielsweise durch eine nasschemische Ätzung selektiv zur Strukturierungsschicht erfolgen. Die relativ dick ausgeführte isolierende Schicht dient beim Entfernen des Opferfüllmaterials gleichzeitig auch als Ätzstoppschicht und schützt somit das Halbleitersubstrat vor einem Angriff der Ätzchemie. Auch isotropes trockenchemisches Entfernen der Opferschicht selektiv zur isolierenden Schicht und Strukturierungsschicht ist möglich (z. B. mit SF₆ im Falle von amorphen Silizium oder Polysilizium als Opferfüllmaterial).

DE 199 56 078 A 1

Nach dem Entfernen des Opferfüllmaterials liegt die isolierende Schicht im unteren Bereich des Grabens frei und kann durch eine Ätzung selektiv zur Strukturierungsschicht entfernt werden. Dabei verbleibt die isolierende Schicht nur noch im oberen Bereich des Grabens und bildet dort den Isolationskragen.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die bei der EP 0 949 680 A2 auftretenden Probleme vermieden, so dass auch Grabenkondensatoren mit deutlich kleinerem Querschnitt hergestellt werden können. Diese Verfahren ist daher auch bei Strukturbreiten (Querschnitt) von ≤ 100 nm anwendbar.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die isolierende Schicht zunächst vollständig aufgebracht und nachfolgend durch Ätzen aus dem unteren Bereich des Grabens entfernt wird. Dabei entstehen sehr glatte Übergänge vom Isolationskragen zum unteren Bereich des Grabens, die ein Befüllen des gesamten Grabens mit einem leitfähigen Material erleichtern.

Bevorzugt sollten die isolierende Schicht und das Opferfüllmaterial aus jeweils einem Material bestehen, das selektiv zum Material der Strukturierungsschicht ätzbar ist. Günstig ist weiterhin, wenn auch das Opferfüllmaterial selektiv zur isolierenden Schicht ätzbar ist. Dadurch kann die isolierende Schicht als Ätzstoppschicht beim Entfernen des Opferfüllmaterials wirken.

Die Herstellung des Grabenkondensators wird in vorteilhafter Weise dadurch abgeschlossen, dass nach Bildung des Isolationskragens der Graben mit einem Dielektrikum ausgekleidet und abschließend mit einem leitfähigen Material zur Bildung einer weiteren Elektrode des Grabenkondensators aufgefüllt wird. Die andere Elektrode wird dabei vom Halbleitersubstrat gebildet. Dieses kann vor dem Auskleiden des Grabens mit einem Dielektrikum geeignet dotiert werden.

Zur Vergrößerung der Kondensatorfläche wird der untere Bereich des Grabens nach Bildung des Isolationskragens durch einen Ätzschritt geeignet vergrößert, so dass der Grabenkondensator im Längsschnitt eine Flaschenform aufweist.

Weiterhin wird bevorzugt, dass ein thermisches Oxid vor der Abscheidung der isolierenden Schicht auf den Seitenwänden des Grabens gebildet wird. Dieses thermische Oxid weist nur eine relativ geringe Dicke auf, so dass kaum Halbleitermaterial verbraucht wird.

Es ist auch möglich, das dünne thermische Oxid nach Abscheidung der isolierenden Schicht durch eine Durchoxidation der isolierenden Schicht unterhalb dieser bilden. Günstig ist weiterhin ein thermischer Ausheilschritt, mit dem die isolierende Schicht verdichtet und die Grenzflächen zum thermischen Oxid beziehungsweise zum Halbleitersubstrat abgedichtet werden. Dadurch werden Leckströme von der äußeren Elektrode des Grabenkondensators zum Auswahltransistor entlang der isolierenden Schicht reduziert.

Im weiteren wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels beschrieben und in Figuren dargestellt. Im einzelnen zeigen die

Fig. 1a bis 1i einzelne Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens und

Fig. 2 einen erfindungsgemäß hergestellten Grabenkondensator mit zugeordnetem Auswahltransistor.

Zunächst wird ein Halbleitersubstrat 5, beispielsweise aus Silizium, bereitgestellt, in dem ein Graben 10 gebildet wird. Zu diesem Zweck wird auf die Oberfläche 22 des Halbleitersubstrats eine dünne Oxidschicht 15 und eine dicke Nitridschicht 20 sowie eine nicht gezeigte Hartmaskenschicht (z. B. aus TEOS oder BSG) abgeschieden und geeignet durch lithografische Verfahren strukturiert. Dadurch entsteht eine Hartmaske, die beim anisotropen Ätzen des Grabens 10 verwendet wird. Die nicht gezeigte Hartmaske wird danach wieder entfernt. Der Querschnitt des Grabens 10 kann je nach verwendeter Strukturbreite beispielsweise 70 bis 300 nm betragen. Seine Tiefe liegt dagegen in der Regel zwischen 4 bis 10 μm .

Nach Bildung des Grabens 10 wird zunächst eine wenige Nanometer dicke thermische Oxidschicht 25 auf den Seitenwänden 30 des Grabens 10 gebildet. Daran schließt sich die Ausbildung einer isolierenden Schicht 35 im Graben 10 an. Diese kann beispielsweise aus einem Oxid, einem Oxynitrid, einem Nitrid oder einem anderen geeigneten Material mit niedriger Dielektrizitätskonstante mit thermischer Stabilität bestehen. Bevorzugt werden Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid und Siliziumnitrid. Diese Materialien lassen sich beispielsweise durch CVD-Verfahren (Chemical Vapor Deposition), LPCVD-Verfahren (Low Pressure Chemical Vapor Deposition) oder PECVD-Verfahren (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) weitestgehend konform abgeschieden. Sofern die isolierende Schicht 35 aus einem Oxid besteht, kann dieses durch eine LP-TEOS-Verfahren (Tetra-Ethyl-Ortho-Silicate) oder durch ein CVD-TEOS-Verfahren in Anwesenheit von Ozon abgeschieden werden. Es ist auch möglich, die isolierende Schicht 35 durch thermische Oxidation zu bilden.

Nach Bildung der isolierenden Schicht 35 wird diese einer Oxidation beziehungsweise einer Temperung bei etwa 1.000°C für 20 bis 90 Minuten in Stickstoffhaltiger Atmosphäre ausgesetzt. Dadurch wird zum einen das Material der isolierenden Schicht 35 verdichtet und zum anderen die Übergänge zwischen isolierender Schicht 35, thermischer Oxidschicht 25 und Halbleitersubstrat 5 abgedichtet, um Leckstrompfade zu vermeiden.

Sofern die isolierende Schicht 35 aus einem Oxid oder einem Oxynitrid besteht, kann die thermische Oxidschicht 25 nach der Abscheidung der isolierenden Schicht 35 durch Oxidation gebildet werden, so dass die isolierende Schicht 35 unmittelbar auf die Seitenwände 30 des Grabens abgeschieden wird. Gegebenenfalls kann die Oxidation der isolierenden Schicht 35 sowie deren Verdichtung (Densification) in einem einzigen Temperaturschritt zusammengefasst werden.

In einem nächsten Verfahrensschritt erfolgt das teilweise Auffüllen des Grabens mit einem Opferfüllmaterial bis zu einer vorgegebenen Höhe. Diese liegt typischerweise 1 bis 2 μm unterhalb der Oberfläche 22 des Halbleitersubstrats 5. Dadurch wird der Graben 10 in einen oberen Bereich 45 und einen unteren Bereich 50 unterteilt. Als Opferfüllmaterialien eignen sich Polysilizium, amorphes Silizium, Siliziumnitrid, Siliziumoxynitrid oder Polymerlacke. Das Polysilizium sowie das amorphe Silizium kann dotiert oder undotiert sein. Das teilweise Auffüllen des Grabens erfolgt i. d. R. durch ein zunächst weitgehend vollständiges Befüllen des Grabens 10 mit anschließendem kontrolliertem Rückätzen des Opferfüllmaterials 40 bis zur vorgegebenen Höhe.

Im nächsten Verfahrensschritt, der in Fig. 1c dargestellt ist, erfolgt die Abscheidung einer Strukturierungsschicht 55 auf die isolierende Schicht 35 und das Opferfüllmaterial 40. Die Strukturierungsschicht 55 wird relativ dünn etwa zwischen 2 und 10 nm, vorzugsweise kleiner gleich 5 nm ausgebildet. Als Materialien eignen sich Siliziumnitrid, amorphes Silizium, Polysilizium oder ein siliziumreicher Polymerlack (z. B. als Photolack), der beispielsweise durch ein Silylie-

DE 199 56 078 A 1

nung gehärtet wird. Ein solcher Lack ist beispielsweise unter der Bezeichnung CARL-Top-Resist bekannt. Da die Dicke der Strukturierungsschicht 55 auf dem Opferfüllmaterial 40 relativ gering ist, kann die Strukturierungsschicht 55 von dort auch relativ leicht entfernt werden. Dieser Schritt ist in Fig. 1d dargestellt. Sofern die Strukturierungsschicht 55 aus Siliziumnitrid besteht, kann die Öffnung 60 in der Strukturierungsschicht 55 oberhalb des Füllmaterials 40 durch anisotropes Ätzen mittels reaktivem Ionenätzen beispielsweise mit fluorhaltiger Chemie (CF_4 , C_4F_8) oder einem Ar/HBr-Gemisch gebildet werden.

Bei dem anisotropen Ätzen der Strukturierungsschicht 55 wird diese gleichzeitig von horizontalen Flächen entfernt, so dass die Strukturierungsschicht 55 in Form von seitlichen Randstegen 65 (Spacer) auf der isolierenden Schicht 35 im oberen Bereich 45 des Grabens 10 verbleibt. Die Strukturierungsschicht 55 schützt dort die isolierende Schicht 35 bei dem nachfolgenden Entfernen des Opferfüllmaterials 40 und dient weiterhin als Ätzmaske beim Ätzen der isolierenden Schicht 35. Daher sollten die Materialien für das Opferfüllmaterial 40 und die isolierende Schicht 35 so gewählt werden, dass diese selektiv zur Strukturierungsschicht 45 geätzt werden können.

Günstig ist es weiterhin, wenn das Opferfüllmaterial 40 selektiv zur isolierenden Schicht 35 entfernt werden kann. Einige geeignete Materialkombinationen sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet:

15	Opferfüllmaterial	isolierende Schicht	Strukturierungsschicht
20	Polysilizium amorphes Silizium (dotiert/undotiert)	Siliziumoxid	Siliziumnitrid
25	Polysilizium amorphes Silizium (dotiert/undotiert)	Siliziumoxid Siliziumoxynitrid	Photolack siliziumreiches Polymer
30	Siliziumnitrid	Siliziumoxid	Photolack siliziumreiches Polymer
35	Photolack siliziumreiches Polymer	Siliziumoxynitrid	siliziumreiches Polymer Siliziumnitrid (abscheidbar bei Temperaturen, bei denen das Opferfüllmaterial noch nicht verbrennt, z.B. jet-vapor-deposition nitride)
40	Polysilizium amorphes Silizium (dotiert/undotiert)	Siliziumnitrid (ggf. mit dünner, unter- gelegter Oxidschicht)	Photolack siliziumreiches Polymer

Die nach dem Entfernen des Opferfüllmaterials erhaltene Struktur ist in Fig. 1e dargestellt. Die relativ dick ausgebildete isolierende Schicht 35 dient beim Entfernen des Opferfüllmaterials 40 gleichzeitig als Ätzstoppeschicht und schützt daher das Halbleitersubstrat 5 vor einem Angriff der Ätzchemie. Die Notwendigkeit für einen Schutz des Halbleitersubstrats besteht insbesondere, wenn das Halbleitersubstrat und das Opferfüllmaterial aus Silizium bestehen. Bei den bisher bekannten Verfahren (zum Beispiel EP 0 949 680 A2) bestand beim Entfernen des Opferfüllmaterials immer die Gefahr, dass das Halbleitermaterial angegriffen wird. Eine bei diesem Verfahren auf den Seitenwänden des Grabens befindliche dünne Oxidschicht reichte in der Regel nicht zum Schutz des Halbleitersubstrats aus. Dieses Problem wird bei dem erfundungsgemäßen Verfahren in einfacher Weise durch die aufgebrachte isolierende Schicht 35, aus der der Isolationskragen geschaffen werden soll, gelöst. Diese isolierende Schicht 35 ist in der Regel zwischen 20 und 50 nm dick und widersteht daher für eine längere Zeit dem Angriff der Ätzchemie.

Das Opferfüllmaterial 40 kann im Falle von Polysilizium selektiv mit Schwefelfluorid (SF_6) oder chlorhaltiger Chemie ($CF_4/O_2/Cl_2$ bzw. NF_3/Cl_2) trockengeätzt werden. Nasschemisch kann Polysilizium oder amorphes Silizium selektiv zu Siliziumnitrid beziehungsweise Siliziumoxid durch NH_4OH oder KOH entfernt werden. Sofern das Opferfüllmaterial aus einem Nitrid besteht, lässt sich dieses selektiv zu Oxid z. B. nasschemisch mittels Phosphorsäure entfernen. Zum Abtragen eines Polymerlacks, der als Opferfüllmaterial 40 dient, eignet sich das Verbrennen in sauerstoffhaltiger Atmosphäre (O_2) oder in einer CF_4/O_2 -Atmosphäre bzw. nasschemisch in einer Pirana-Lösung (H_2SO_4/H_2O_2).

Nach dem Entfernen des Opferfüllmaterials 40 schließt sich eine Ätzung der isolierenden Schicht 35 selektiv zur Strukturierungsschicht 50 an. Sofern die isolierende Schicht 35 aus einem Oxid besteht, wird diese mittels BHF selektiv zu der aus Siliziumnitrid bestehenden Strukturierungsschicht 55 im unteren Bereich 50 des Grabens 10 entfernt. Dabei kann es zu leichten Unterätzungen 70 der Strukturierungsschicht 55 kommen, die in Fig. 1f dargestellt sind. Diese können durch eine kurze Ätzung mittels HF/EG (Ethylen Glycol) innerhalb einer Minute entfernt werden. Es ist auch möglich, die Strukturierungsschicht 55 vollständig von der isolierenden Schicht 35 zu entfernen.

Bei Ätzen der isolierenden Schicht 35 selektiv zur Strukturierungsschicht 45 wird die isolierende Schicht 35 vollständig von der auf der Oberfläche 22 des Halbleitersubstrats 5 befindlichen Nitridschicht 20 entfernt. Dadurch verbleibt die isolierende Schicht 35 nur noch im oberen Bereich 45 des Grabens 10 und bildet dort den Isolationskragen 75.

In einem weiteren Verfahrensschritt, der in Fig. 1g dargestellt ist, wird der untere Bereich 50 des Grabens 10 durch Ätzung des Halbleitersubstrats 5 selektiv zur Strukturierungsschicht 55 aufgeweitet. Die Ätzung des aus monokristallinem Silizium bestehenden Halbleitersubstrats kann nasschemisch anisotrop mit NH_4OH oder KOH bzw. trockenchemisch

DE 199 56 078 A 1

isotrop mit NF_3/Cl_2 erfolgen.

Weitere Möglichkeiten zum Aufweiten des unteren Bereichs 50 des Grabens 10 können der US 5,849,638 sowie US 5,891,807 entnommen werden, deren Offenbarungsinhalt hiermit vollständig aufgenommen wird.

Die Aufweitung des unteren Bereichs 50 dient der Vergrößerung der nutzbaren Kondensatorfläche, um somit die Speicherkapazität zu erhöhen. Das Aufweiten ist jedoch nicht zwingend erforderlich, sofern der Graben 10 tief genug ausgebildet ist.

Nachfolgend wird das Halbleitersubstrat 5 im unteren Bereich 50 des Grabens 10 geeignet dotiert, um dadurch eine Elektrode 80 des Grabenkondensators 85 zu bilden. Die Dotierung des Halbleitersubstrats 5 kann beispielsweise durch Gasphasendotierung bei 950°C für 30 bis 60 Minuten in einer Arsin-(AsH_3) oder einer Phosphinatmosphäre (PH_3) erfolgen. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Abscheidung eines Arsen- oder Phosphorglasses (AsG , PsG) auf die Seitenwände 30 des Grabens 10 und nachfolgendem Eintreiben des Arsens bei 1.050°C für 30 Minuten. Das Arsenglas muss anschließend beispielsweise durch eine HF-haltige Lösung entfernt werden, wobei der z. B. aus einem Oxid bestehende Isolationskragen 70 dabei durch die z. B. aus einer Nitritschicht bestehende Strukturierungsschicht 55 geschützt wird. Das Ergebnis dieses Verfahrensschrittes ist in Fig. 1h gezeigt.

Abschließend wird der Graben 10 mit einem Dielektrikum 90 ausgekleidet und mit einem leitfähigen Material 95, das in der Regel aus hochdotiertem Polysilizium besteht, aufgefüllt.

Da die Abscheidung des leitfähigen Materials bevorzugt konform erfolgt, verbleibt ggf. ein Hohlraum 97 innerhalb des leitfähigen Materials 95, der sich jedoch nicht störend auf die elektrischen Eigenschaften des Grabenkondensators auswirken.

Das leitfähige Material 95 bildet die weitere Elektrode 95, die von der anderen Elektrode 80 durch das Kondensatordielektrikum 90 getrennt ist. Das Dielektrikum 90 kann aus einer bzw. aus mehreren Schichten aufgebaut sein, wobei häufig sogenannte ONO-Schichten (Oxid/Nitrid/Oxid) Anwendung finden. Andere Materialien sind beispielsweise Tantalpentoxid, Titanoxid oder Wolframoxid. Vor der Bildung des Dielektrikums 90 kann die Strukturierungsschicht 55 entfernt werden. Dadurch wird der Durchmesser des oberen Bereichs 45 des Grabens 10 vergrößert und das Auffüllen mit dem leitfähigen Material 95 erleichtert (Fig. 1i).

Die weiteren Schritte zur Vollendung des Grabenkondensators 85 sind in der EP 0 949 680 A2 (US-Anmeldung 55506 vom 6. 4. 98) beschrieben, deren Offenbarungsgehalt hiermit vollständig aufgenommen wird.

In Fig. 2 ist eine vollständig hergestellte Speicherzelle mit einem Grabenkondensator 85 und zugeordnetem Auswahltransistor 100 dargestellt. Dieser sitzt seitlich oberhalb des Grabenkondensators 85, wobei dessen Source-Gebiet 105 mit der weiteren Elektrode 95 (innere Elektrode) über einen vergrabenen Anschluss 110 elektrisch leitend verbunden ist.

Der obere Bereich 45 des Grabenkondensators 85 sowie der zugeordnete Auswahltransistor 100 ist durch ein sogenanntes Shallow-Trench-Isolation-Gebiet 115 von benachbarten Transistoren bzw. Grabenkondensatoren getrennt. Das Dielektrikum 90 sowie der Isolationskragen 75 sind in der Fig. 2 nur schematisch dargestellt. Beide sind zumindest im Bereich des vergrabenen Anschlusses 110 zurückgeätzt worden, um den elektrischen Kontakt zwischen dem leitfähigen Material 95 und dem vergrabenen Kontakt 110 zu ermöglichen.

Bezugszeichenliste

5 Halbleitersubstrat	40
10 Graben (Trench)	
15 Oxidschicht	
20 Nitritschicht	
22 Oberfläche des Halbleitersubstrats 5	
25 thermische Oxidschicht/thermisches Oxid	45
30 Seitenwände des Grabens 10	
35 isolierende Schicht	
40 Opferfüllmaterial	
45 oberer Bereich	
50 unterer Bereich	
55 Strukturierungsschicht	50
60 Öffnung	
65 seitliche Randstege (Spacer)	
70 Unterätzung	
75 Isolationskragen	
80 Elektrode/Buried Plate	55
85 Grabenkondensator	
90 Dielektrikum	
95 weitere Elektrode/leitfähiges Material	
97 Hohlraum/Void	
100 Auswahltransistor	60
105 Source-Gebiet	
110 vergrabener Anschluß	
115 Shallow-Trench-Isolation (STI)	

Patentansprüche

65

1. Verfahren zur Herstellung eines Isolationskragens in einem Grabenkondensator mit den Schritten:
 - a) Bereitstellen eines Halbleitersubstrats (5);

DE 199 56 078 A 1

5 b) Bilden eines Grabens (10) in dem Halbleitersubstrat (5);
c) Ausbilden einer isolierenden Schicht (35) im Graben (10) zur Bildung eines Isolationskragens (75);
d) nachfolgendes Auffüllen eines unteren, sich bis zu einer vorgegebenen Höhe erstreckenden Bereichs (50) des Grabens (10) mit einem Opferfüllmaterial (40), so dass ein sich oberhalb der vorgegebenen Höhe erstreckender oberer Bereich (45) des Grabens (10) von dem Opferfüllmaterial (40) unbedeckt bleibt;
e) Ausbilden einer Strukturierungsschicht (55) auf der isolierende Schicht (35) und auf dem Opferfüllmaterial (40) im Graben (10);
f) Bilden einer Öffnung (60) in der Strukturierungsschicht (55) zum Opferfüllmaterial (40) hin, wobei die Strukturierungsschicht (55) auf der isolierenden Schicht (35) im oberen Bereich (45) des Grabens (10) verbleibt;
10 g) nachfolgendes Entfernen des Opferfüllmaterials (40) aus dem Graben (10); und
h) Entfernen der isolierenden Schicht (35) aus dem unteren Bereich (50) des Grabens (10) durch eine Ätzung der isolierenden Schicht (35) selektiv zur Strukturierungsschicht (55), so dass im oberen Bereich (45) des Grabens (10) der Isolationskragen (75) entsteht.

15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die isolierende Schicht (35) und das Opferfüllmaterial (40) aus jeweils einem Material bestehen, das selektiv zum Material der Strukturierungsschicht (55) ätzbar ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleitersubstrat (5) als eine Elektrode (80) des Grabenkondensators (85) dient und nach Bildung des Isolationskragens (75) im Schritt h) folgende weitere Schritte durchgeführt werden:

20 i) Auskleiden des Grabens (10) mit einem Dielektrikum (90); und
j) Auffüllen des Grabens (10) mit einem leitfähigen Material (95) zur Bildung einer weiteren Elektrode (95) des Grabenkondensator (85).

25 4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die isolierende Schicht (35) aus Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid, Siliziumnitrid oder aus einer Kombination dieser Materialien besteht.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die isolierende Schicht (35) und/oder die Strukturierungsschicht (55) durch jeweils eine konforme Abscheidung ausgebildet werden.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die isolierende Schicht (35) mit einem CVD, LP-CVD oder PE-CVD-Verfahren abgeschieden wird.

30 7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein thermisches Oxid (25) vor dem Ausbilden der isolierenden Schicht (35) auf den Seitenwänden (30) des Grabens (10) gebildet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein thermisches Oxid (25) nach dem Ausbilden der isolierenden Schicht (35) auf den Seitenwänden (30) des Grabens (10) unterhalb der isolierenden Schicht (35) durch eine Oxidation des Halbleitersubstrats (5) durch die isolierende Schicht (35) hindurch gebildet wird.

35 9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass nach Bildung des thermischen Oxiids (25) und der isolierenden Schicht (35) ein Temperaturschritt zum Verdichten der isolierenden Schicht (35) durchgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt d) der Graben (10) zunächst vollständig mit dem Opferfüllmaterial (40) gefüllt und anschließend bis zur vorgegebenen Höhe zurückgeätzt wird.

40 11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Opferfüllmaterial (40) aus Polysilizium, amorphen Silizium, Siliziumoxid, Siliziumnitrid oder Photolack besteht.

12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strukturierungsschicht (55) aus Siliziumnitrid, Polysilizium, amorphen Silizium oder Photolack besteht.

45 13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bilden der Öffnung (60) in der Strukturierungsschicht (55) durch anisotropes Ätzen erfolgt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Strukturierungsschicht (55) vor Schritt i) entfernt wird.

50 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der untere Bereich (50) des Grabens (10) vor Schritt i) durch Ätzen des Halbleitersubstrats (5) vergrößert wird.

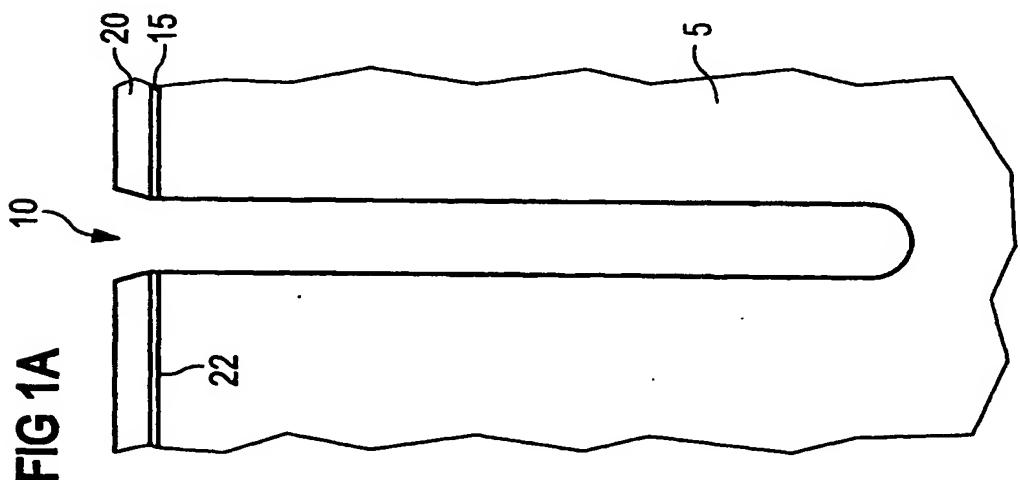
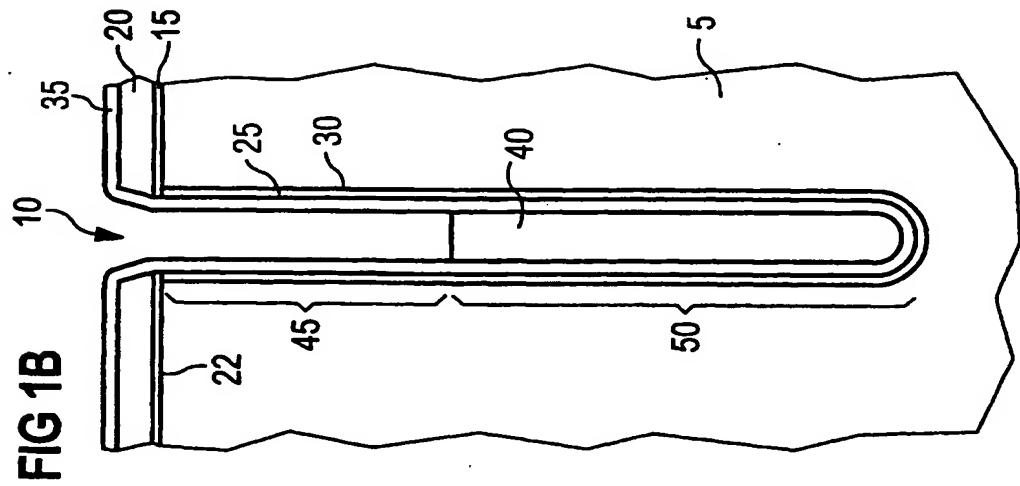
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Ätzen des Halbleitersubstrats (5) isotrop trockenchemisch oder anisotrop naßchemisch erfolgt.

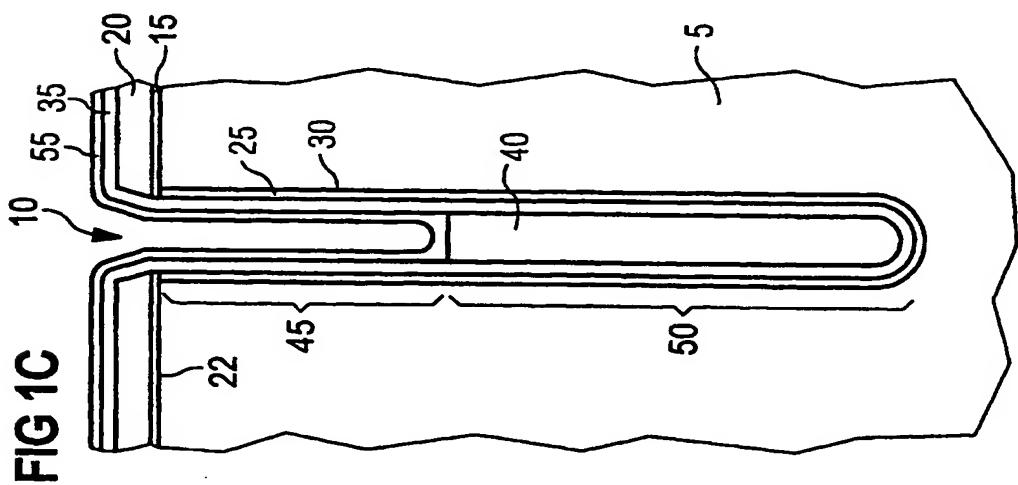
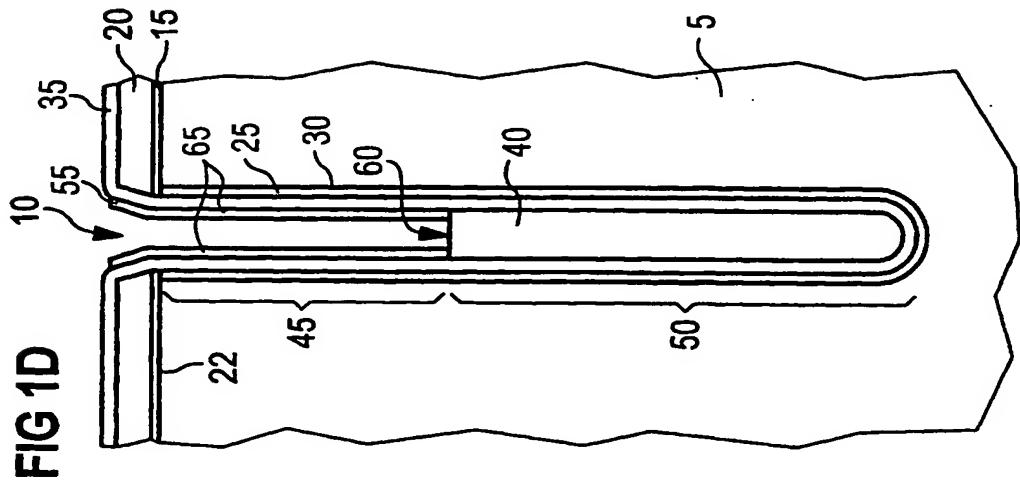
55 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass vor Schritt i) die Elektrode (80) im Halbleitersubstrat (5) durch Dotierung des Halbleitersubstrats (5) im unteren Bereich des Grabens (10) gebildet wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Dotierung des Halbleitersubstrats (5) durch Gasphasendotierung oder Belegung mit einer Dotierungsschicht mit anschließender Eindiffusion des Dotierstoffes in das Halbleitersubstrat (5) erfolgt.

60 Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -





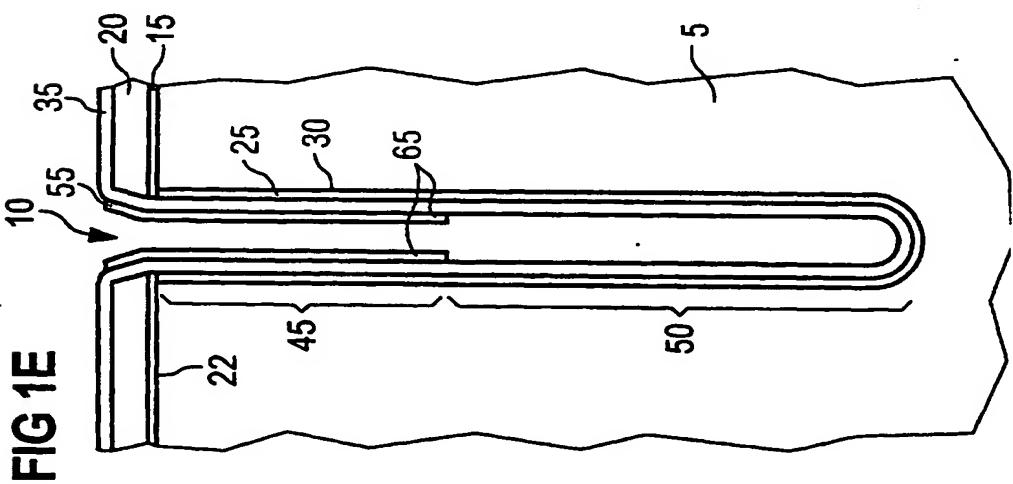
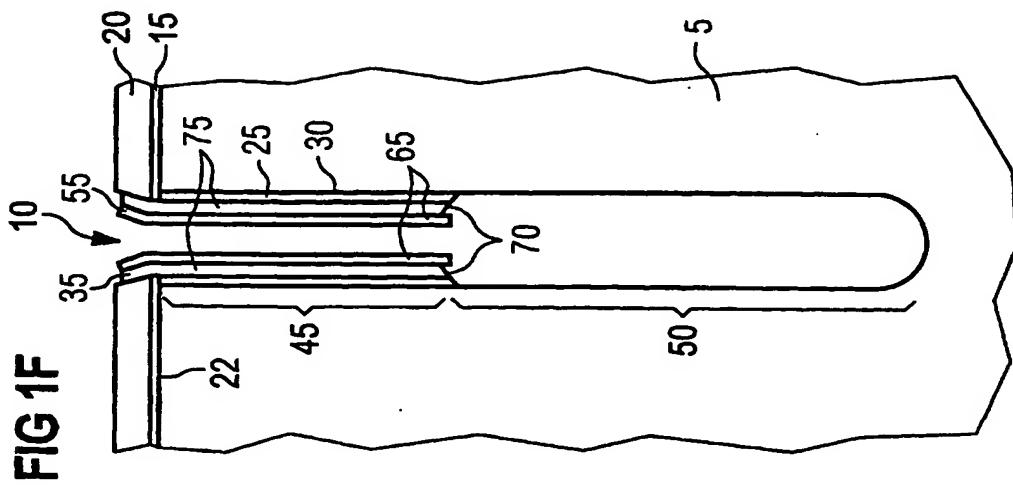


FIG 1H

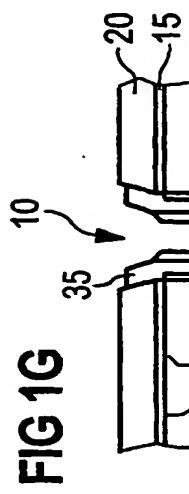
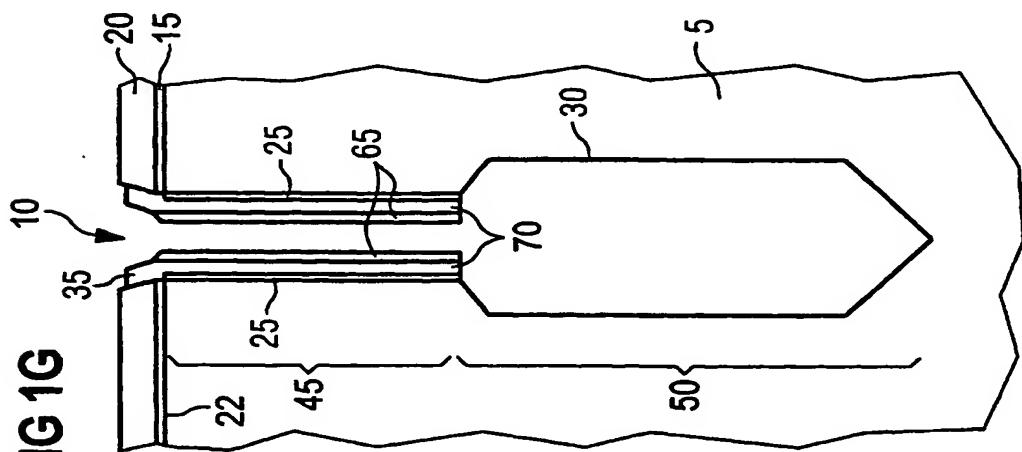


FIG 1G



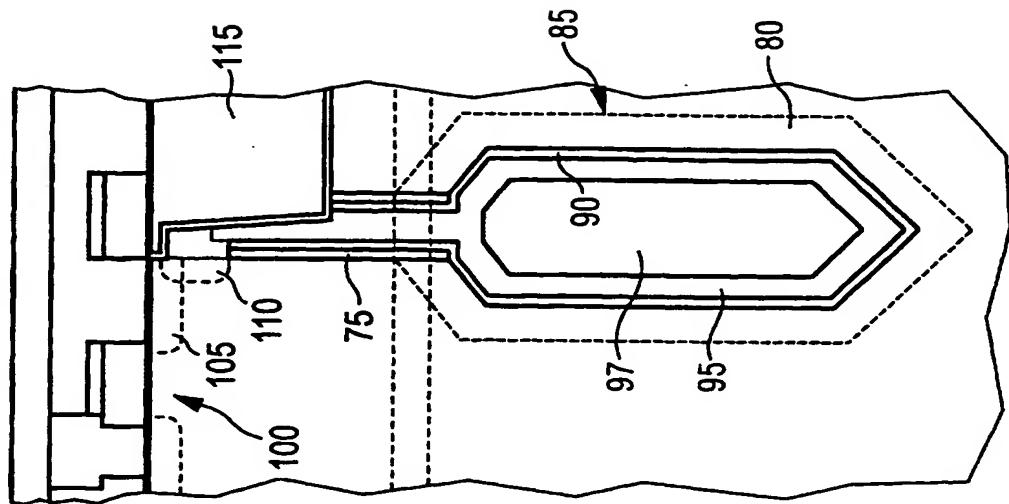


FIG 2

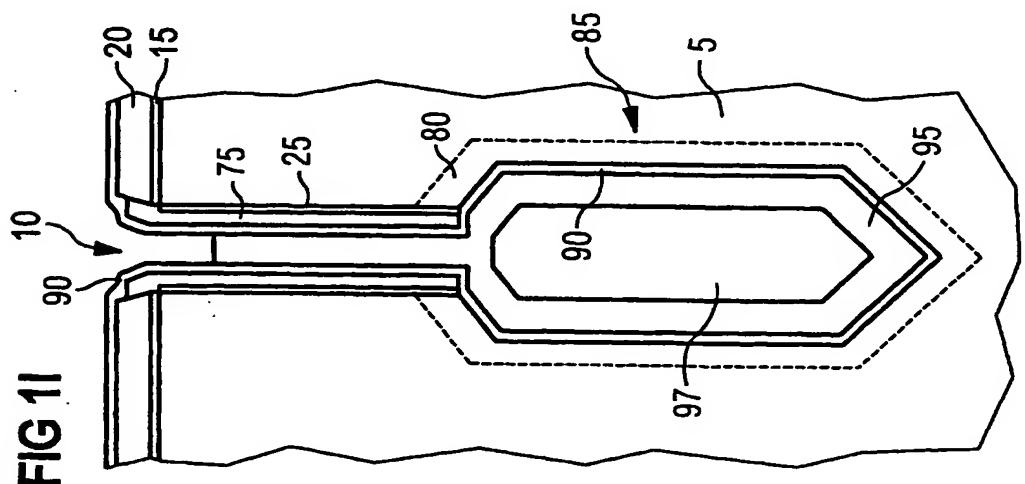


FIG 11